

# СОБСТВЕННЫЕ ШУМЫ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ ДВИЖЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Вёрстов В. С. Муха А. В. Аляшевич Н.

Галузо В. Е. – канд. техн. наук, доцент

В докладе рассмотрены шумы, возникающие в чувствительном элементе твердотельных датчиков движения на объемных (ОАВ) и поверхностных акустических волнах (ПАВ), а именно шумы звукопровода, вызванные тепловыми колебаниями кристаллической решетки материала звукопровода, тепловые шумы приемного преобразователя, встречно-штыревого преобразователя (ВШП) и шумы предварительных усилителей. Проведены аналитические и расчетные оценки вышеупомянутых напряжений электрических шумов, а также изучены зависимости величины напряжения этих шумов от различных параметров звукопровода и приемного преобразователя акустических волн.

Собственный шум твердотельных датчиков движения на ПАВ, также, как и твердотельных датчиков движения на ОАВ, складывается из:

- тепловых шумов кристаллической решетки звукопровода;
- тепловых шумов пьезоприемника акустических волн;
- шумов предварительного усилителя.

В настоящем докладе выполнены аналитические и расчетные оценки этих шумовых составляющих для твердотельных датчиков движения на ПАВ.

## 1) Тепловой шум кристаллической решетки звукопровода;

Физика возникновения шумовых сигналов в звукопроводах объемных и поверхностных акустических волн, связанных с тепловыми колебаниями кристаллической решетки звукопровода при распространении в нем акустической волны, идентична.

Верным будет предположение о том, что порядок величины шумового сигнала, связанного с тепловыми колебаниями кристаллической решетки звукопровода при распространении ПАВ будет равен порядку величины электрического напряжения шумового сигнала звукопровода на объемных акустических волнах.

## 2) Тепловой шум ВШП;

Наиболее эффективным и распространенным устройством для возбуждения и приема поверхностных акустических волн является встречно-штыревой преобразователь. В упрощенном виде он представляет собой совокупность параллельных металлических электродов, имеющих периодическую пространственную структуру и размещенных на поверхности пьезоэлектрической подложки (звукопровода).

Расчетные оценки значений электрических напряжений тепловых шумов ВШП выполнены по формуле Найквиста. При этом активная составляющая выходного сопротивления встречно-штыревого преобразователя определяется с помощью методов импульсного отклика и анализа эквивалентной схемы ВШП с учетом нахождения эквивалентной емкости пары электродов [1].

Напряжение электрических шумов ВШП, выполненных из ниобата лития У-среза, значительно меньше, чем напряжение электрических шумов ВШП из пьезокварца ST-среза, что связано с более высоким коэффициентом электромеханической связи.

Из анализа следует, что напряжение электрических шумов ВШП можно уменьшить следующими способами:

- повысив рабочую частоту преобразователя;
- сузив полосу пропускания приемной аппаратуры;
- увеличив количество пар электродов ВШП;
- увеличив величину перекрытия электродов (апертуру);
- снизив температуру окружающей среды.

## 3) Шумы приемного устройства;

Шумы приемного устройства определяется в первую очередь шумовыми свойствами приемного усилителя. Шумовые свойства усилителей характеризуются коэффициентом шума, который определяется на заданной частоте входного сигнала при одинаковых температурных условиях на входе и выходе каскада как отношение полной мощности шумов на выходе к части, создаваемой за счет их усиления.

Шумы предварительного усилителя можно минимизировать путем выбора современного усилителя, оптимизированного для использования в определенных условиях и системах.

Анализ показывает, что на данный момент лучшими шумовыми характеристиками из таких усилителей обладают модели серии AD 8331, AD 8332, AD 8334 от Analog Devices [2]. Эти усилители оптимизированы для использования в ультразвуковых системах и являются сверхмалощумящими

усилителями с регулируемым коэффициентом усиления, с предусилителем и программируемым входным сопротивлением, имеют один, два и четыре канала, соответственно, и применяются в качестве маломощных усилителей на частотах до 120 МГц.

Согласно спецификациям производителя, спектральная плотность сигнала шума короткого замыкания таких маломощных усилителей составляет 0,74 нВ/ $\sqrt{\text{Гц}}$ , а в режиме холостого хода величина шум составляет 2,5 пА/ $\sqrt{\text{Гц}}$ . Эти значения шумовых сигналов значительно меньше значений информативного полезного сигнала, пропорционального угловой скорости вращения, воспринимаемых приемными преобразователями объемных и поверхностных волн.

Таким образом, при грамотном подходе к выбору предварительного усилителя для твердотельного датчика движения на акустических волнах собственные шумы датчиков определяются в большей степени шумами тепловых колебаний кристаллической решетки материала звукопровода и тепловыми шумами приемного преобразователя и не ограничивается шумом предварительного усилителя.

По результатам проведенных аналитической и расчетной оценок сделан вывод, что величина собственных шумов чувствительных элементов датчиков движения на акустических волнах определяется в большей степени суммой тепловых шумов колебаний кристаллической решетки звукопровода и приемного пьезопреобразователя.

По результатам проведенных расчетов даны следующие предложения по уменьшению собственных шумовых сигналов твердотельного датчика движения на акустических волнах:

Напряжение электрических шумов звукопровода может быть уменьшено с помощью следующих мер:

- повышение рабочей частоты;
- сужение эффективной полосы пропускания;
- выбор оптимального материала для изготовления звукопровода;
- работа в условиях пониженных температур окружающей среды.

Напряжение электрических шумов приемного преобразователя может быть уменьшено с помощью следующих мер:

- повышение рабочей частоты преобразователя;
- сужение эффективной полосы пропускания;
- увеличение диаметра пьезоприемника для датчика на ОАВ либо увеличение апертуры и количества пар электродов ВШП для датчика на ПАВ;
- выбор оптимального материала для изготовления приемного преобразователя;
- работа в условиях пониженных температур окружающей среды.

Шумы усилителя также могут быть минимизированы путем выбора современного сверхмаломощного усилителя с регулируемым коэффициентом усиления, с предварительным усилителем и программируемым входным сопротивлением, оптимизированным для применения в ультразвуковых системах.

**Список использованных источников:**

Горышник Л.Л., Кондратьев С.Н. / Возбуждение поверхностных электроакустических волн электродными преобразователями. // «Радиотехника и электроника», 1974, т. XIX № 8, 1719 - 1727.  
[www.analog.com](http://www.analog.com)